

# 经皮穿刺椎体成形术中椎体内骨质致密带的分布及影响

贾宝欣<sup>1</sup> 付海花<sup>2</sup> 鞠静<sup>3</sup> 王亭<sup>4</sup> 沈峰<sup>4</sup> 刘成洲<sup>1</sup> 高晓强<sup>1</sup> 曾祥旭<sup>1</sup>

**[摘要]** **目的:**探讨椎体内骨质致密带在新鲜骨质疏松性椎体压缩性骨折(Osteoporotic Vertebral Compression Fracture, OVCF)椎体内的分布及对骨水泥在椎体内矢状面分布的影响。**方法:**对2021年1月至12月确诊为新鲜骨质疏松性椎体压缩性骨折的140例患者179个椎体的术前平片、CT及MRI、术中C臂机影像资料及术后拍片复查资料进行回顾性分析,统计骨质致密带在骨折椎体内的发生率,并根据是否存在骨质致密带分为试验组和对照组,均为双侧经皮穿刺椎体成形术(Percutaneous Vertebroplasty, PVP),研究骨质致密带与骨水泥在椎体矢状面分布的关系。**结果:**共140例患者,涉及179个椎体,其中有117个椎体在术前CT矢状位和(或)冠状位重建可在骨折椎体内发现骨质致密带,CT未发现骨质致密带的椎体中,有21个椎体MRI矢状位重建中可发现致密带,这也是诊断椎体骨折的重要依据;138个椎体中共有75个在术中可发现初始骨水泥偏心分布于椎体上部或下部、骨水泥在椎体矢状面分布有不均分布现象,其界面与术前发现的椎体内骨质致密带的位置一致,典型情况下可出现椎体内骨质致密带的逆向铸型(骨水泥充盈缺损);未发现骨质致密带的41个椎体术中有5个出现骨水泥偏心分布现象,术中、术后复查可发现骨水泥在椎体矢状面分布有断层现象;试验组术中共有7个椎体因骨水泥在矢状面分布欠佳,二次调整工作通道,再次注入骨水泥,实现骨水泥在椎体内的良好分布。**结论:**新鲜骨质疏松性椎体压缩性骨折椎体内较广泛存在骨质致密带,可影响骨水泥在椎体矢状面分布,术前根据影像学资料了解椎体内骨质致密带在椎体内的位置,设计穿刺通道,使双侧通道分别建立在骨质致密带的两侧,进而实现骨水泥在矢状面良好分布;对于骨水泥在椎体矢状面分布不佳的,因为椎体内骨质致密带的存在,调整工作套管方向,突破椎体内骨质致密带建立工作通道,二次推注骨水泥,是改善骨水泥在椎体内矢状面分布有效且可行的方法。

**[关键词]** 骨质疏松症;椎体压缩性骨折;经皮穿刺椎体成形术;骨质致密带;骨水泥分布

**[中图分类号]** R683 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2023)09-0036-09

**DOI:**10. 20085/j. cnki. issn1005-0205. 230907

## Distribution and Influence of the Osteodense Zone in Vertebral Body during Percutaneous Vertebroplasty

JIA Baoxin<sup>1</sup> FU Haihua<sup>2</sup> JU Jing<sup>3</sup> WANG Ting<sup>4</sup> SHEN Feng<sup>4</sup>  
LIU Chengzhou<sup>1</sup> GAO Xiaoqiang<sup>1</sup> ZENG Xiangxu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Linqu County People's Hospital, Linqu 262600, Shandong China;

<sup>2</sup>Linqu County Patriotic Health Service Center, Linqu 262600, Shandong China;

<sup>3</sup>Weifang People's Hospital, Weifang 261044, Shandong China;

<sup>4</sup>Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao 266000, Shandong China.

**Abstract Objective:** To investigate the incidence of the osteodense zone in the fresh osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF) and influence of the osteodense zone on the sagittal distribution of cement in the vertebral body.

**Methods:** The data of preoperative plain radiographs, CT and MRI of 179 vertebral bodies, intraoperative C-arm machine imaging, and postoperative review of 140 patients diagnosed with fresh OVCF between January and December 2021 were retrospectively reviewed. Statistics incidence of the osteo-

基金项目:潍坊市卫健委科研项目(wfwsjk-2021-096)

<sup>1</sup> 临朐县人民医院(山东 临朐, 262600)

<sup>2</sup> 临朐县爱卫服务中心

<sup>3</sup> 潍坊市人民医院

<sup>4</sup> 青岛大学附属医院脊柱外科

dense zones in the fractured vertebral bodies, and they were divided into test and control groups according to the presence or absence of osteodense zones. All patients underwent bilateral puncture percutaneous vertebroplasty (PVP) to investigate the relationship between the osteodense zone and the distribution of cement in the sagittal plane of the vertebral bodies. **Results:** A total of 140 patients, involving 179 vertebral bodies, including 117 in whom the osteodense zones could be found within the fractured vertebral bodies on preoperative CT sagittal and (or) coronal reconstruction, 21 in whom the osteodense zones could not be found on CT, but the osteodense zone could be found on sagittal reconstruction of MRI, were also important for diagnosing vertebral fractures. Five of 41 vertebrae without an osteodense zone showed an eccentric distribution of cement, and review intraoperatively and postoperatively revealed a tomographic distribution of cement in the sagittal plane of the vertebral bodies. A total of seven vertebral bodies were suboptimal distributed by cement in the sagittal plane, the working channel was secondarily adjusted, and cement was reinjected to achieve good distribution of cement in the vertebral bodies. **Conclusion:** The presence of the osteodense zones in the vertebral bodies of OVCF were widespread and can affect the distribution of cement in the sagittal plane of the vertebral bodies, preoperatively, based on the radiographic data, confirm the location of the osteodense zone in the vertebral body, puncture channels were designed so that the bilateral channels were located on either side of the osteodense band, respectively, and then the cement was achieved to be well distributed in the sagittal plane. For the poor distribution of cement in the sagittal plane of the vertebral body, because of the presence of the osteodense zone in the vertebral body, adjusting the working channel direction, breaking through the osteodense zone in the vertebral body to establish the working channel, second bolus injection of bone cement, was an effective and feasible method to improve the distribution of cement in the sagittal plane of the vertebral body.

**Keywords:** osteoporosis; vertebral compression fracture; percutaneous vertebroplasty; osteodense zone; bone cement distribution

随着我国进入老龄化社会,骨质疏松症以及骨质疏松性椎体压缩性骨折(Osteoporotic Vertebral Compression Fracture, OVCF)的发病率逐年上升,而经皮穿刺椎体成形术(Percutaneous Vertebroplasty, PVP)作为治疗症状性骨质疏松性椎体压缩性骨折的微创手术,因为创伤小,手术时间短,疗效确切,近年来在临床上得到了广泛应用。但在临床工作中,笔者发现仍有部分患者术后早期症状缓解不满意。Hulme 等<sup>[1]</sup>进行的系统性回顾研究表明,经皮穿刺椎体成形术术后仍有约 13% 的患者效果不佳; Mathis 和 Jensen 等研究均证实<sup>[2-9]</sup>,少数经皮穿刺椎体成形术患者术后早期疼痛缓解不理想。关于经皮穿刺椎体成形术后早期疗效,杨俊松等<sup>[10]</sup>研究认为与重度骨质疏松、胸腰筋膜损伤、骨折椎体数多、合并抑郁症等因素有关,但与骨水泥灌注量和分布关系更为密切。较多研究者对骨水泥灌注量、骨水泥在冠状面的分布及在骨折线周围的分布<sup>[11]</sup>进行了一系列研究,但对骨水泥在矢状面的研究及影响因素关注不多。笔者对 2021 年确诊为新鲜骨质疏松骨折的 140 例患者的 179 个椎体的影像学资料进行回顾性分析,分析骨折后椎体内形成骨质致密带的情况,探讨骨质致密带在新鲜骨质疏松性椎体压缩性骨折椎体内的分布及对骨水泥矢状面弥散的影响,现报告如下。

## 1 研究对象和方法

### 1.1 研究对象

对 2021 年 1 月至 12 月确诊为新鲜骨质疏松性椎

体压缩性骨折的 140 例患者的 179 个椎体的有关影像学资料进行回顾性分析,了解在骨折椎体内有无骨质致密带(见图 1),以及与骨水泥在椎体内矢状面的分布关系。CT 或 MRI 发现骨质致密带的为试验组,未发现致密带的为对照组。

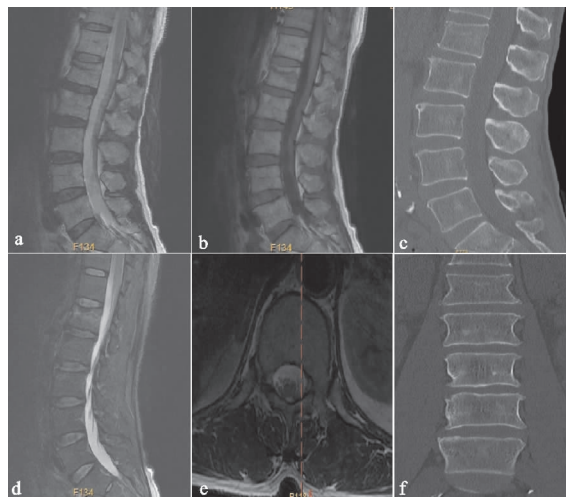


图 1 骨质致密带在 MRI 不同加权像的表现及 CT 典型表现 (箭头所指为阳性表达示例)

### 1.2 诊断标准

1) 有或无外伤史出现胸腰背部疼痛,可向肋部放射,体位变动可诱发或加剧;2) 胸腰背部相应节段棘突有叩痛;3) 骨密度  $T$  值  $< -2.5$ ;4) X 线、CT 及 MRI 检查明确为新鲜骨折。

### 1.3 纳入标准

1) 符合上述诊断标准;2) 术前、术中及术后影像学

资料完整;;3)行经皮穿刺椎体成形术治疗的患者;4)骨质疏松性胸腰椎损伤分型系统(OTLICS)评分 $\geq 5$ 分<sup>[12]</sup>。

#### 1.4 排除标准

1)胸腰椎感染者;2)症状不重者;3)Kummell病患者;4)重要脏器严重疾病不能耐受手术者;5)胸腰椎肿瘤患者;6)对骨水泥过敏的患者。

#### 1.5 方法

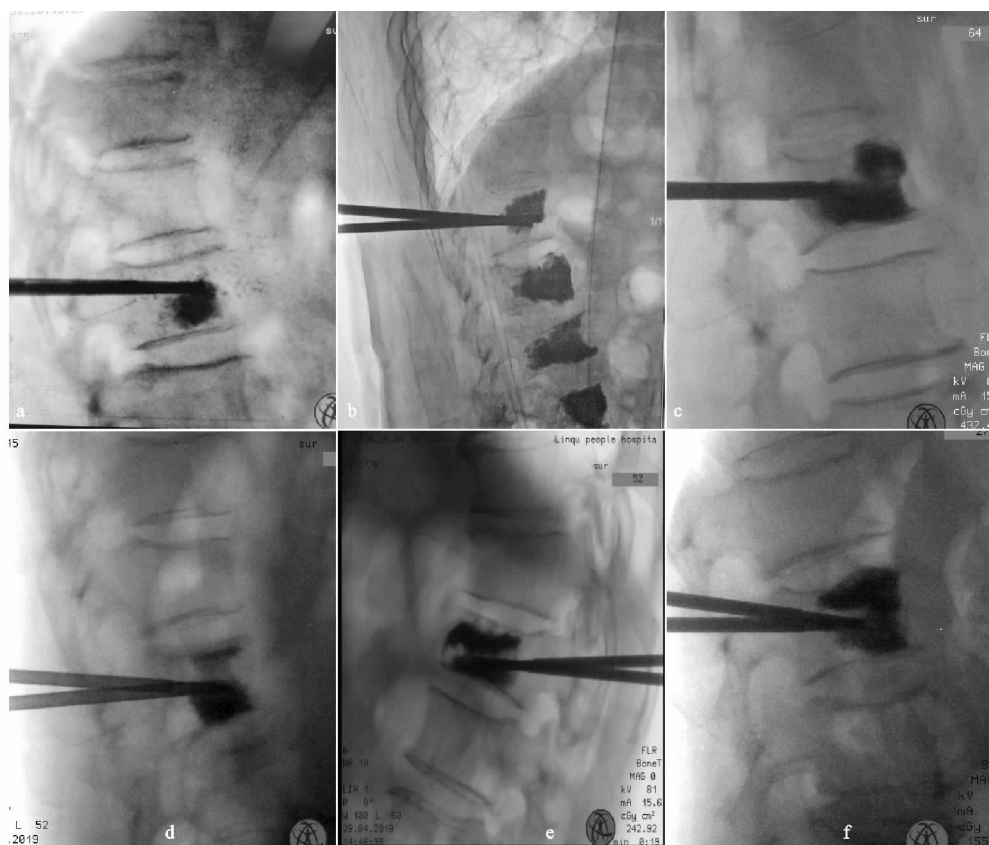
**1.5.1 手术方法及影像学资料分析** 均采取双侧经椎弓根穿刺,由同一组手术医师完成,局麻,俯卧位,胸部及髋部垫枕,术前C臂机透视定位并标记椎弓根体表投影,常规消毒、铺巾,局麻,分别从椎弓根2点、10点位置进针,建立工作通道,调制骨水泥,待骨水泥处于面团期(不粘始注)在C臂机监视下缓慢推注,若骨水泥只在椎体上方或下方弥散,且侧位透视已充填于椎体前方60%~75%,此时应停止推注,因为椎体内骨质致密带的存在,此时加大骨水泥的灌注量,致使骨水泥灌注压过大,渗漏入椎管或椎体周围的概率大大增加,对于改进骨水泥矢状面分布意义不大。待骨水泥凝固后,精细钻适当调整方向,以已凝固的骨水泥为支点从其后方扩孔,突破椎体内骨质致密带,建立工作通道,再次推注骨水泥,直至骨水泥在椎体内满意分

布。分析140例患者的术前、术中及术后影像学资料,统计骨质致密带在椎体中的分布情况,了解骨质致密带在CT及MRI下的表现,以及骨质致密带与骨水泥分布的关系。影像资料分析工作由参与手术的4名医师完成,全部有10年以上工作经验,包括2名副主任医师,2名主治医师。施行双盲法阅片,意见不同时大家协商形成统一意见。

**1.5.2 评定方法** 统计骨质致密带在新鲜骨质疏松性椎体压缩性骨折椎体中的分布情况,试验组中若术中骨水泥初始分布呈典型头侧或尾侧的偏心分布、上下分布不均有明显界面以及椎体内上下骨水泥分布之间有充盈缺损(因骨水泥充填较少,X线透视下呈低密度带,也称为致密带的阴性铸型,见图2),且以上不均分布的位置与术前发现的致密带在椎体内位置一致的,则认为骨水泥矢状面分布与致密带有关(见图3);对照组中依据类似的方法判定出现骨水泥不均分布及其发生情况。

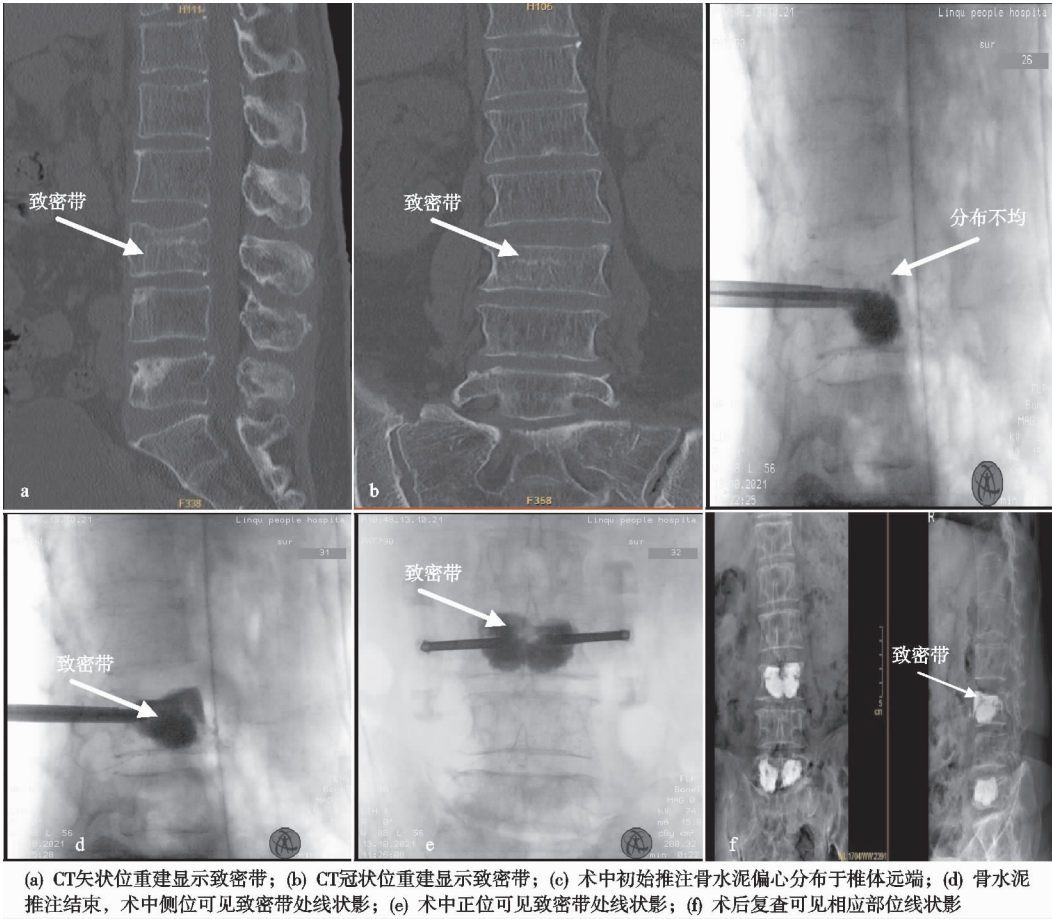
#### 1.6 统计学方法

应用IBM SPSS Statistics 26软件包完成统计分析。比较试验组和对照组患者性别、年龄、体重、骨密度,计算骨质致密带诊断新鲜骨质疏松性椎体压缩性骨折的敏感性,根据试验组及对照组骨水泥矢状面分布的情



(a) 通道建立在椎体近端,但初期近端骨水泥分布不佳;(b) 通道建立在椎体远端,但初期远端分布不佳;(c) 椎体近端分布不佳;(d) 椎体上下骨水泥分布有明显界限;(e) 初次推注骨水泥分布不佳,调整通道二次推注骨水泥,二者有明显界限;(f) 通道上方无骨水泥分布,通道应该建立在致密带下方,骨水泥通过椎体前方连通椎体上下的非压缩区实现跨致密带弥散

图2 骨水泥矢状面分布不均常见形式



(a) CT矢状位重建显示致密带; (b) CT冠状位重建显示致密带; (c) 术中初始推注骨水泥偏心分布于椎体远端; (d) 骨水泥推注结束, 术中侧位可见致密带处线状影; (e) 术中正位可见致密带处线状影; (f) 术后复查可见相应部位线状影

图 3 致密带位置与骨水泥分布不均的位置一致

况,分析其与骨质致密带有无相关性。计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 形式表示,组间比较采用独立样本的 $t$ 检验,计数资料的统计分析采用卡方检验。检验水准为 $\alpha=0.05,P<0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

收集我院 2021 年 1 月至 12 月收治的 140 例确诊为新鲜骨质疏松性椎体压缩性骨折并行经皮穿刺椎体成形术治疗的患者共 179 个椎体的影像学资料,包括术前平片、CT、MRI,术中影像学资料及术后复查平片,进行回顾性分析。术前 CT 和(或)MRI 发现骨质致密带椎体为试验组,未发现骨质致密带的椎体为对照组,记录两组患者的性别、年龄、体重、骨密度。涉及 1 个椎体 103 例,2 个椎体 32 例,3 个椎体 4 例,共计 179 个椎体。其中  $T_6$  1 例, $T_7$  4 例, $T_8$  4 例, $T_9$  7 例,

$T_{10}$  2 例, $T_{11}$  11 例, $T_{12}$  40 例, $L_1$  50 例, $L_2$  25 例, $L_3$  16 例, $L_4$  13 例, $L_5$  6 例。致病原因:无明显外伤史 32 例,摔倒或扭伤 76 例,自行车剐蹭伤、推搡等轻微暴力所致 32 例。根据 Genant 分型,轻度 111 例,中度 23 例,重度 45 例。男 31 例,女 109 例;平均年龄为 $(69.45\pm6.39)$ 岁。发病至就诊时间为 1.5 h~6 周。其中试验组 120 例次,男 28 例,女 92 例,共涉及 138 个椎体,平均年龄为 $(69.51\pm5.62)$ 岁,其中 75 个椎体发现骨水泥矢状面分布不均;对照组 38 例次,男 7 例,女 31 例,共涉及 41 个椎体,平均年龄为 $(69.33\pm6.71)$ 岁,共 5 个椎体发现骨水泥矢状面分布不均。其中椎体骨折节段 $\geq 2$ 的患者,男 4 例,女 14 例,共 18 例患者既有发现骨质致密带的椎体,又有无骨质致密带的椎体,分别列入试验组和对照组,因此试验组和对照组患者人数之和 $>140$ 。

表 1 两组患者基线资料的比较( $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数/例	性别(男/女)/例	年龄/岁	体重/kg	骨密度 T 值
试验组	120	28/92	69.51±5.62	58.48±4.62	-2.89±0.66
对照组	38	7/31	69.33±6.71	58.51±4.39	-2.95±0.54
统计检验值		$\chi^2=0.404$	$t=0.429$	$t=0.156$	$t=1.019$
P		0.656	0.781	0.883	0.322

注:两组间患者在性别、年龄、体重、骨密度方面差异无统计学意义( $P>0.05$ )。



## 2.2 椎体内骨质致密带诊断新鲜骨质疏松性椎体压缩性骨折的敏感性

140 例患者 179 个椎体中,在 117 个椎体中 CT 检查可发现骨质致密带,在相应的 MRI 中均可发现致密带;CT 检查未发现致密带的椎体中,有 21 个椎体在矢状位重建 MRI 中可发现致密带。骨质致密带诊断压缩性骨折的敏感性为 77.09%(138/179),骨质致密带在 CT 矢状位或冠状位表现为线状高密度影,在 MRI 矢状位一般表现为线性低信号影(见图 1)。

## 2.3 椎体内骨质致密带与骨水泥矢状面分布的关系

椎体内骨质致密带与骨水泥矢状面分布的关系见表 2。 $P<0.01$  说明两组间差异有统计学意义,椎体内有致密带更容易出现骨水泥在椎体矢状面内分布不

表 2 椎体内致密带与骨水泥矢状面分布的关系(例)

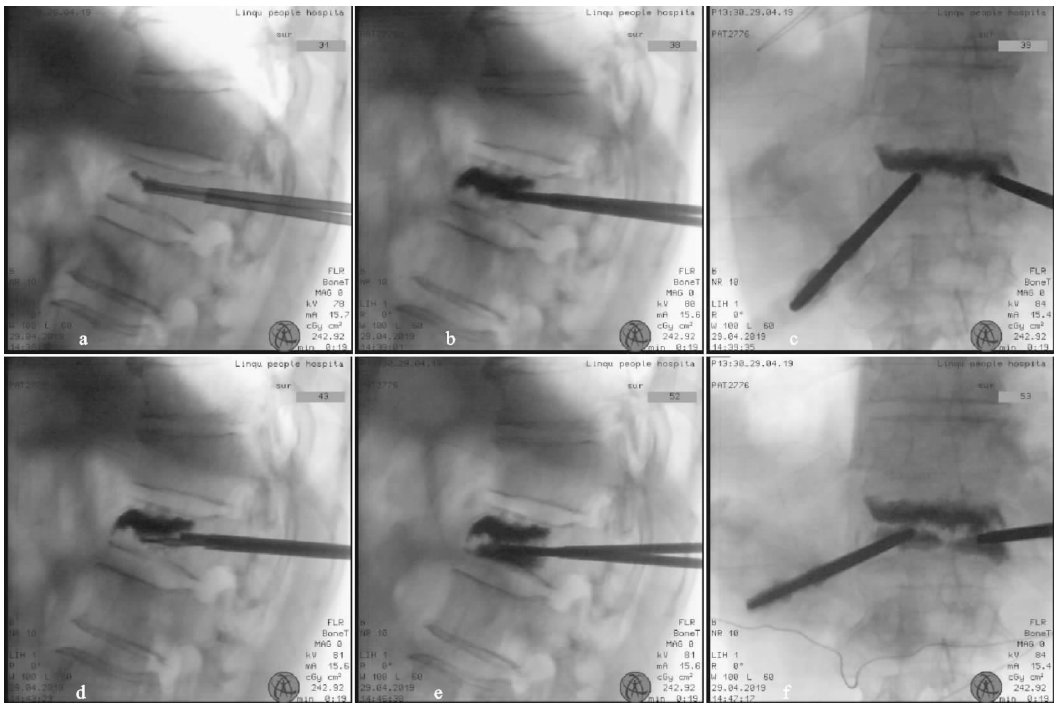
组别	骨水泥矢状面分布不均匀	骨水泥矢状面分布均匀
试验组(有骨质致密带)	75	63
对照组(无骨质致密带)	5	36
$\chi^2$	22.72	
$P$	<0.001	

均匀,椎体内骨质致密带是影响骨水泥在椎体矢状面分布的重要因素。

## 2.4 骨水泥矢状面分布不佳的处置

7 个椎体因骨水泥在矢状面分布欠佳,二次调整工作通道,再次注入骨水泥,实现骨水泥在椎体内的良好分布(见图 4)。

## 3 讨论



(a) 建立工作通道;(b)(c) 初次推注结束,正侧位片示骨水泥偏心分布于椎体近端;(d) 待骨水泥凝固后,稍微调整通道方向,通过精细钻扩孔以骨水泥为支点扩孔,实现跨致密带建立工作通道;(e)(f) 二次推注结束后正侧位片透视情况

图 4 调整工作通道,二次推注骨水泥

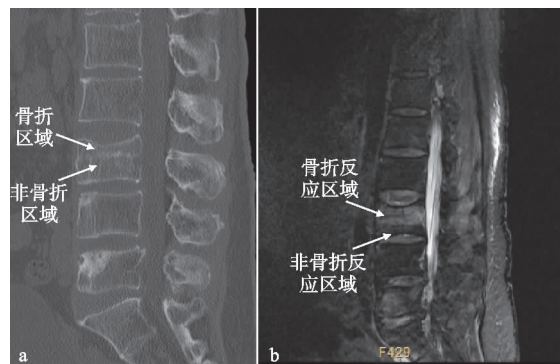
骨质疏松性椎体压缩性骨折多为单纯压缩性骨折,是在向前和(或)侧方的屈曲应力作用下,脊柱过屈,引起椎体前方或侧前方压缩呈楔形变,骨小梁则表现为断裂并相互嵌插,甚至在此基础上的骨小梁部分断裂呈横向或斜横向再排列,而部分患者因无外伤史,没有适当制动及有效外固定,体位的反复变动,折端的异常活动,对致密带起到夯实的作用,使断裂的骨小梁片段进一步嵌入纵向排列的骨小梁间的缝隙,从而导致局部骨密度增高,骨的致密性增强,通透性下降,构成了椎体内横向或斜横向的第三层类皮质骨;在椎体 CT 矢状位或冠状位重建表现为高密度横行或斜骨质致密带;不难理解,骨质致密带的致密程度与骨质疏松的程度、椎体压缩的程度均有关,一般来说骨质疏松的

程度越轻,压缩程度越重,则致密带越明显,对骨水泥弥散形成的黏滞阻力越大。因而一些压缩程度较轻的椎体骨折,CT 检查难以发现骨质致密带,对骨水泥在矢状面分布的影响也较小。压缩程度较重的椎体骨折,CT 检查大多可以发现骨质致密带。对于椎体爆裂骨折的,由于骨折块移位明显,也难以发现骨质致密带或者断裂的片段样的骨质致密带。

观察骨折椎体内的骨质致密带以 CT、MRI 矢状位或冠状位重建为主,本组病例全部进行矢状位重建,部分病例同时进行冠状位重建,共 140 例患者涉及 179 个椎体,术前有 138 个椎体在骨折椎体内发现骨质致密带,占 77.09%(138/179),远低于钟永青等<sup>[13]</sup>报道的 95%,究其原因主要与以下因素有关:首先,钟

永青等纳入的病例年龄平均为 45.2 岁,骨质较好;其次纳入病例中排除了爆裂性骨折;最后他们的研究为放射科专业人员通过螺旋 CT 的多平面重组(Multi-Plane Reconstruction,MPR)或任意斜面图像多平面重组,以显示最佳的横行致密带,横行致密带在 MRI 上呈长  $T_1$  短  $T_2$  信号;本研究纳入的患者年龄较大,平均为 69.45 岁,包括 Genant 分型重度骨折的患者,所获得的 CT 及 MRI 影像学资料为放射科通过常规工作得到的轴位片及矢状位片,部分患者有冠状位片,因而本研究的数据可能更符合广大医生的临床工作实际。

因为椎体内骨质致密带的存在,根据 CT 矢状位或冠状位重建可将椎体分为相对独立的两部分:骨折区域或称不稳定区域,指存在骨折线的椎体一侧,位于致密带和相应一侧椎体终板之间的部分,MRI 检查表现为异常信号集中的一侧,存在反常活动,力学传导作用减弱或丧失,引发临床症状,理论上只要强化该部分,就可以有效控制反常活动,恢复脊柱的力学传导作用,改善临床症状。椎体的另一部分则称为非骨折区域或稳定区域,与骨折后的临床症状关系不大(见图 5a)。椎体内骨质致密带为骨折区域与非骨折区域的物理边界。MRI 与 CT 检查所显示的椎体骨折的影像不同,因为某种程度能显示骨折后椎体发生的创伤性炎症反应范围,所以同一患者不同椎体因引起骨折的外力大小不同,同一椎体在不同时间、不同加权像,MRI 的信号范围不一样,会在短时间内变化。因而不能简单把 MRI 异常信号区域称为骨折区域,应称为骨折反应区域,该区域一般远超过骨质致密带的位置;相应地,椎体内信号正常区域应称为非骨折反应区域(见图 5b)。



(a) 以骨质致密带为界,分为骨折区域和非骨折区域;(b) 根据 MRI 信号变化,分为骨折反应区域和非骨折反应区域,骨折反应区域比骨折区域范围要大

图 5 骨折区域与非骨折区域的 MRI 及 CT 表现

生理状态下椎体内的骨小梁是纵行排列的,骨小梁之间的间隙也是纵行排列的,骨折发生后椎体内骨质致密带的形成,构成了椎体内横行的“类皮质骨”,成为流体状态下的骨水泥在椎体内弥散的固体界壁,影

响了骨水泥跨致密带分布,因而在推注骨水泥的早期,可以发现骨水泥并不是以穿刺点为中心弥散,经常是首先在穿刺点一侧偏心分布;若骨质致密带的致密性不高,骨水泥在一侧灌注一定量后,随着灌注压的增大,可以突破致密带薄弱处弥散至另一侧,但由于该侧骨水泥量相对较少,因而出现矢状面上分布不均的现象;若骨质致密带较致密,工作通道建立在致密带同侧,而且骨水泥推注的时机比较晚,骨水泥的黏滞性较强,可能导致骨水泥不能通过致密带弥散的情况,出现骨水泥的在椎体头端或尾端的偏心分布,若偏心分布于骨折区域,患者短期疗效较好;若偏心分布于非骨折区域,则疗效不佳;若工作通道建立在致密带两侧,且致密带形态比较规则呈一平面,与 C 臂机或者术后复查投照角度一致,因致密带骨水泥分布较少,而椎体其余部位骨水泥分布较多,出现致密带部位的骨水泥充盈缺损,笔者将这种现象也称为致密带的“阴性铸型”。钟远鸣等<sup>[14]</sup>的研究发现骨质疏松椎体压缩性骨折 MRI 短时间反转恢复序列(STIR)黑色线信号对经皮穿刺椎体成形术术后疗效具有一定预判性,存在黑色信号线的椎体术中骨水泥弥散不均及术后再骨折的发生率较高,认为黑色信号线即为骨质致密带,该研究结果与笔者的临床研究结果一致。根据椎体内骨质致密带影响骨水泥在椎体内弥散这一特点,在行经皮穿刺椎体成形术手术时,若发现骨水泥在椎体内以骨水泥推杆的头端为中心弥散均匀,一定要仔细进行椎体的再定位,以免做错节段;而若出现以上几种骨水泥不均分布现象,则定位错误的的天性不大。

因为椎体内骨质致密带影响骨水泥在矢状面的弥散,当骨水泥在椎体内分布不佳时,在一定限度内增加骨水泥注入量,会改善骨水泥在椎体内的分布;在达到一定量后,即致密带一侧骨水泥充分填充后,增加骨水泥的注入量,骨水泥渗漏特别是椎管内渗漏的概率大大增加,对于改善在椎体矢状位的分布作用不大(见图 6)。此时微调工作套筒,精细钻突破椎体内骨质致密带,建立工作通道,再次注入骨水泥是可行的方法(见图 7)。



图 6 椎体近端为骨折区域,骨水泥分布欠佳,加大骨水泥推注量,致骨水泥向后方渗漏

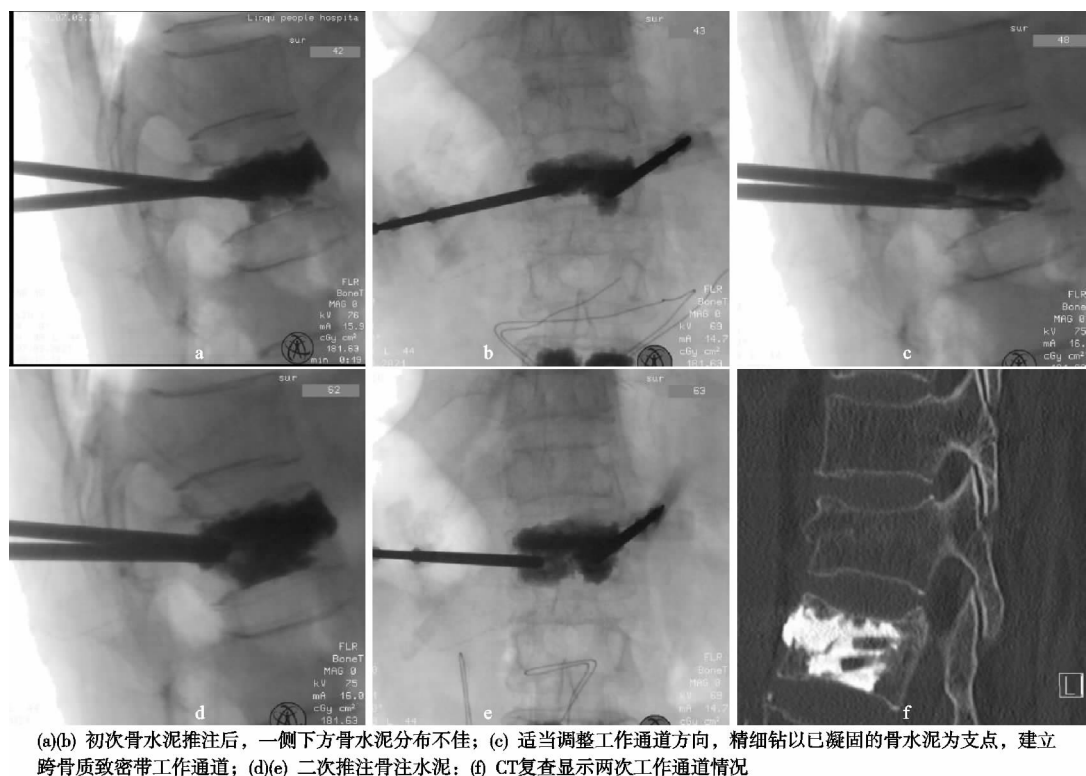


图7 骨水泥分布不佳, 调整通道, 再次推注

关于经皮穿刺椎体成形术中骨水泥的量、分布与临床疗效的关系, 现在更多研究者认为骨水泥在椎体矢状面的分布情况可能直接影响经皮穿刺椎体成形术后的疗效, 因而越来越引起广大研究者的重视。田伟等<sup>[15]</sup>和姚龚等<sup>[16]</sup>研究发现骨水泥未同时接触椎体上下终板的患者, 发生手术椎体再骨折的概率较骨水泥同时接触上下终板的患者更高, 认为矢状面“顶天立地”的骨水泥分布可以取得更好的早期术后止痛效果, 晚期防止椎体塌陷。杨俊松等<sup>[10]</sup>研究认为骨水泥和上下终板均接触, 可有效吸收并传递载荷, 降低松质骨的应力水平, 降低手术椎体再骨折的可能性。杨惠林等<sup>[17]</sup>认为在不发生骨水泥渗漏的前提下, 尽可能注射较多骨水泥, 使骨水泥弥散至椎体上下终板密质骨区域, 达到“顶天立地”的效果, 以恢复椎体原有高度和强度, 预防椎体高度再丢失。蔡明等<sup>[18]</sup>通过有限元分析发现病椎骨水泥上下分布不充分和左右分布不对称会引起术后病椎皮质骨及松质骨的最大应力明显增加, 所以容易导致术后病椎的再次骨折。对于如何改善骨水泥在椎体矢状面的分布, 有的学者也做了探索, 李志鲲等<sup>[19]</sup>基于对椎体前上缘及前下缘同时进行强化, 防止过早出现椎体塌陷的考虑, 提出了改良交叉穿刺建立工作通道的理念。吴树华等<sup>[20]</sup>认为双平面穿刺可以获得更好的骨水泥在矢状面的分布, 因而可以取得更好的疗效。宋戈等<sup>[21]</sup>通过双针双平面法治疗伴骨质致密带形成的骨质疏松性椎体压缩性骨折, 取得更理想的骨水泥分布, 更好的早期疗效和更

少的骨水泥渗漏。但对于影响骨水泥在椎体矢状面分布的原因及对策的研究较少, 笔者的研究对这一问题做了有益的探索。笔者认为椎体内骨质致密带是影响骨水泥在椎体内矢状面弥散的主要因素, 椎体的强化应该是跨椎体内骨质致密带的整个椎体的强化, 上下达终板软骨下皮质, 骨水泥应该锚定于终板软骨下皮质; 骨水泥仅充填于非骨折区域, 因为没有稳定骨折, 没有恢复脊柱的有效力学传导, 因而疗效较差; 骨水泥仅充填于骨折区域, 即刻稳定骨折, 恢复脊柱的力学传导, 但在同一椎体内部, 强化部分和非强化部分之间的弹性模量差异巨大, 在应力的作用下, 原来由整个椎体承担的应变, 此时主要由非强化部分承担, 这样很容易达到其应变量, 非强化部分会发生骨折, 出现反复腰痛以及晚期的椎体进行性塌陷。邓强等<sup>[22]</sup>研究发现经皮穿刺椎体成形术治疗骨质疏松性胸腰椎Ⅰ度压缩骨折, 其骨水泥弥散效果比经皮椎体后凸成形术(PKP)更好, 早期能有效缓解疼痛, 改善功能障碍, 并降低远期发生椎体高度丢失的可能性, 与经皮椎体后凸成形术中骨水泥难于弥散到椎体两侧终板有关, 这与笔者的观点一致。而若灌注的骨水泥剂量过少, 可能导致伤椎中骨水泥弥散高度不足, 无法接近伤椎的上下终板, 从而使伤椎强化效果降低, 术后可能出现伤椎高度再丢失等问题<sup>[23]</sup>。

经皮穿刺椎体成形术传统的穿刺是从椎弓根2点或10点由后上外向前内下穿刺, 这样当骨折区域位于

椎体上方,致密带位于椎体中上三分之一或以上时,所建立的工作通道不通过致密带或仅在椎体后方穿过致密带,当推注骨水泥时,无论骨水泥推杆如何调整深浅(为避免骨水泥椎管内渗漏,不可能太靠近椎管),都很难使骨水泥突破致密带分布椎体上方。根据笔者的研究,此类椎体骨折约占全部骨折的 58.10%,因此对于此类骨折尤应引起重视。



图 8 基于椎体内骨质致密带建立双平面工作通道,骨水泥在椎体内弥散良好

综上所述,椎体内骨质致密带在骨质疏松性椎体压缩性骨折的椎体内较广泛存在,很好地解释了骨水泥在椎体内矢状面分布不均的各种现象,阐明了经皮穿刺椎体成形术后骨水泥的不同分布形态,为术前规划穿刺路线、建立合适的工作通道提供了参考依据;同时,当出现骨水泥在椎体矢状面分布不佳时,单纯通过注入骨水泥的时机提前或加大骨水泥注入量,不仅对改善骨水泥分布无益,相反会大大增加骨水泥渗漏的概率。以邻近致密带已固化的骨水泥为支点,以精细钻扩孔,调整穿刺路径,突破致密带建立工作通道,再次推注骨水泥,是有效且可行的方法。双侧穿刺两侧工作通道建在致密带两侧的概率增加,因而较单侧穿刺骨水泥在椎体矢状面内的分布为佳。由于椎体内骨质致密带形态不规则,特别是冠状位斜行骨质致密带的存在,导致即使双侧穿刺,若没有根据致密带的位置设计穿刺路径,仍然有可能将双侧工作通道建立在致密带一侧,会出现骨水泥在矢状面分布不佳的情况。若出现此类情况,应调整一侧穿刺路径,跨致密带建立工作通道,以期获得骨水泥在椎体内的良好分布。基于椎体内骨质致密带设计穿刺路径,建立工作通道,可实现骨水泥在椎体内“顶天立地”的分布,提高经皮穿刺椎体成形术后即刻疗效的同时,还防止了后期椎体进行性塌陷所致的后凸畸形及反复腰痛,对于提高骨质疏松性椎体压缩性骨折患者经皮穿刺椎体成形术后疗效有重要意义。但本研究样本量较少,结论可能出现偏倚;整个椎体强化后,理论上使邻近椎体的应力集中,是否会引起邻近节段椎体骨折的概率增加,还需要多中心、大样本的循证医学的进一步研究。

因为骨质致密带可影响骨水泥在椎体矢状面的分布,所以建立工作通道不应拘泥于传统的从 2 点或 10 点自椎体外后上向前内下的穿刺方向,应该基于椎体内骨质致密带的位置,设计并建立工作通道,使之在矢状面位于骨质致密带的两侧,椎体正位前端尽量靠近椎体中央,这样才有可能较好地实现骨水泥在椎体内的良好分布(见图 8)。

## 参考文献

- [1] HULME P A, KREBS J, FERGUSON S J, et al. Vertebroplasty and kyphoplasty: a systematic review of 69 clinical studies[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2006, 31(17):1983-2001.
- [2] MATHIS J M, BARR J D, BELKOFF S M, et al. Percutaneous vertebroplasty: a developing standard of care for vertebral compression fractures[J]. Am J Neuroradiol, 2001, 22(2):373-381.
- [3] JENSEN M E, EVANS A J, MATHIS J M, et al. Percutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral body compression fractures: technical aspects[J]. Am J Neuroradiol, 1997, 18(10):1897-1904.
- [4] BARR J D, BARR M S, LEMLEY T J, et al. Percutaneous vertebroplasty for pain relief and spinal stabilization[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2000, 25(8):923-928.
- [5] ZOARSKI G H, SNOW P, OLAN W J, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic compression fractures: quantitative prospective evaluation of long-term outcomes[J]. J Vasc Interv Radiol, 2002, 13(2):139-148.
- [6] MATHIS J M. Percutaneous vertebroplasty: complication avoidance and technique optimization[J]. Am J Neuroradiol, 2003, 24(8):1697-1706.
- [7] PEH W C G, GILULA L A, PECK D D, et al. Percutaneous vertebroplasty for severe osteoporotic vertebral body compression fractures[J]. Radiology, 2002, 223(1):121.
- [8] PEH W C, GELBART M S, GILULA L A, et al. Percutaneous vertebroplasty: treatment of painful vertebral compression fractures with intraosseous vacuum phenomena[J]. Am J Roentgenol, 2003, 180(5):1411-1417.
- [9] TANIGAWA N, KOMEMUSHI A, KARIYA S, et al.



- Percutaneous vertebroplasty: relationship between vertebral body bone marrow edema pattern on MR images and initial clinical response[J]. *Radiology*, 2006, 239(1): 195-200.
- [10] 杨俊松, 陈浩, 刘鹏, 等. 经皮椎体成形术治疗胸腰椎骨质疏松性椎体压缩骨折疗效不佳的多因素分析[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2020, 30(1): 45-52.
- [11] 何奇龙, 陈荣彬, 李勇. 骨水泥的弥散情况对经皮椎体成形的疗效影响[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2018, 26(6): 51-55.
- [12] 郝定均, 贺宝荣, 郭华, 等. 胸腰段骨质疏松性骨折严重程度评分评估及临床应用[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2013, 23(8): 730-733.
- [13] 钟永青, 陈惠恩, 卓奕武, 等. 横行致密带—多层螺旋 CT 诊断胸腰椎屈曲压缩型骨折的重要征象[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2011, 9(1): 67-70.
- [14] 钟远鸣, 张翼升, 李智斐, 等. 骨质疏松椎体压缩性骨折 MRI STIR 黑色线信号与 PVP 疗效的相关性[J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27(12): 1057-1062.
- [15] 田伟, 韩骁, 刘波, 等. 经皮椎体后凸成形术后骨水泥分布与手术椎体再骨折的关系[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2012, 14(3): 211-213.
- [16] 姚龚, 沈忆新, 李敏, 等. 骨水泥不同弥散方式对椎体成形术后生物力学影响的有限元分析[J]. *中国骨伤*, 2021, 34(8): 732-737.
- [17] 杨惠林, 干旻峰. 需要进一步强调的椎体强化术焦点问题[J]. *骨科临床与研究杂志*, 2021, 6(5): 257-258.
- [18] 蔡明, 戚颖, 刘肃, 等. 骨水泥不同分布对骨质疏松性椎体压缩性骨折的生物力学影响: 三维有限元分析[J]. *中国医学物理学杂志*, 2022, 39(6): 771-777.
- [19] 李志鲲, 李一凡, 王奕, 等. 改良交叉穿刺椎体成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的临床效果分析[J]. *上海交通大学学报(医学版)*, 2020, 40(7): 916-922.
- [20] 吴树华, 王遥伟, 束晖, 等. 双平面穿刺与单平面穿刺对骨水泥分布的影响[J]. *实用骨科杂志*, 2021, 27(12): 1122-1124.
- [21] 宋戈, 程永德, 王涛, 等. 双针双平面法和单针法治疗伴有致密带形成的骨质疏松性椎体压缩骨折疗效比较[J]. *介入放射学杂志*, 2018, 27(5): 49-54.
- [22] 邓强, 彭冉东, 李中锋, 等. PVP 与 PKP 治疗骨质疏松性胸腰椎 I 度压缩骨折的临床疗效观察[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2016, 24(12): 7-10.
- [23] YILMAZ A, CAKIR M, YÜCETA C S, et al. Percutaneous kyphoplasty: is bilateral approach necessary? [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2018, 43(14): 977-983.

(收稿日期: 2023-02-03)

(上接第 35 页)

- [7] 王倩, 杨凯, 马强, 等. 中医药治疗膝骨关节炎研究进展[J]. *陕西中医药大学学报*, 2022, 45(3): 130-134.
- [8] 王帅, 邢增宇, 肖学峰. 膝痹汤治疗肝肾亏虚证膝骨关节炎的效果[J]. *实用中医内科杂志*, 2022, 36(8): 109-111.
- [9] 刘永刚, 贾振宇, 房蒙, 等. 关节镜治疗 50 岁以下膝骨关节炎 5 年随访[J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29(17): 1543-1547.
- [10] 中国中医药研究促进会骨伤科分会. 膝骨关节炎中医诊疗指南(2020 年版)[J]. *中医正骨*, 2020, 32(10): 1-14.
- [11] 郝建桥, 刘洁, 杨延涛, 等. Lysholm 评分系统评价髌股关节的应用研究[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2016, 31(12): 1265-1267.
- [12] 国家中医药管理局. 中医病症诊断疗效标准[S]. 南京: 南京大学出版社, 1994: 48.
- [13] KELLGREN J H, LAWRENCE J S. Radiological assessment of osteoarthritis[J]. *Ann Rheum Dis*, 1957, 16(4): 494-502.
- [14] 杨威, 韩清民, 易成勇, 等. 经筋理论诊治膝骨关节炎的临床思路探讨[J]. *风湿病与关节炎*, 2021, 10(8): 54-57.
- [15] 李照文, 左昌俊, 樊帆, 等. 关节镜清理联合靶向消融治疗早中期膝骨关节炎的临床研究[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2021, 29(1): 45-48.
- [16] 何静, 刘骏昌. “筋骨并重”、“以痛为腧”的学术思想在推拿治疗伤科疾病中的应用[J]. *新疆中医药*, 2019, 37(5): 59-61.
- [17] 陈德成, 杨观虎, 王富春, 等. 试论阿是穴、压痛点和激痛点的关系[J]. *中国针灸*, 2017, 37(2): 212-214.
- [18] 代顺心, 任奎羽, 姜建振, 等. 基于“以知为数, 以痛为腧”探析痛感取穴法演变[J]. *中华中医药杂志*, 2021, 36(4): 2372-2374.
- [19] 刘辉, 陈先进, 钱辉. 关节镜下内侧半月板成形术联合小针刀内侧副韧带深层拉花样松解术治疗膝骨关节炎合并内侧半月板损伤的临床研究[J]. *中医正骨*, 2021, 33(11): 18-23.
- [20] FRIBERGER PAJALIC K, TURKIEWICZ A, ENGLUND M. Update on the risk of complications after knee arthroscopy[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2018, 19(1): 179.

(收稿日期: 2023-02-09)